



La storia e le scoperte legate agli eventi
in assoluto più energetici dopo il Big Bang

I lampi gamma, le più brillanti esplosioni dell'Universo

Conosciuti come *GRBs (gamma-ray bursts)*
consentono di scrutare e di conoscere
tutto ciò che riguarda la vita oltre la Terra



d Sandra Savaglio i

savaglio@mpe.mpg.de

I cosiddetti "lampi gamma" (in inglese gamma-ray bursts, ovvero GRBs) sono, dopo il Big Bang, gli eventi più energetici dell'universo. Scoperti nel 1967 dai satelliti militari americani Vela dedicati al monitoraggio delle attività nucleari, i GRB sono, in alcuni casi, l'atto finale, che si manifesta con una esplosione, delle stelle più massicce (tipo supernovae); in altri, hanno origine dal processo di fusione di stelle compatte (stelle a neutroni e buchi neri stellari). La nostra conoscenza attuale è stata raggiunta dopo oltre quarant'anni di ricerche, discussioni scientifiche, e più di 5000 pubblicazioni su riviste specializzate. Un esempio emblematico su tutti: per l'evento GRB 060218, scoperto il 18 Febbraio 2006 (il suo codice identifica la data di scoperta), sono stati scritti più di venti articoli in due anni, di cui quattro apparsi su *Nature*, la rivista scientifica più conosciuta. Il motivo per cui ci sia voluto tanto tempo per scoprire un fenomeno così energetico, e delle accese controversie che hanno accompagnato gli studi in questo settore, nonostante l'astronomia sia una delle scienze più antiche, è semplice: i GRB sono stelle transienti, vale a dire scompaiono alla vista dei telescopi ottici nel giro di poche settimane, quando va bene.

I GRB emettono tipicamente energie intorno ai 10^{51} ergs (10^{44} joule), prevalentemente in forma di raggi gamma, in un tempo molto breve, in genere meno di un minuto. Tale energia è equivalente all'energia emessa dal Sole durante tutta la sua vita (più di 10 miliardi di anni). Paradossalmente, la gran parte dell'energia prodotta non è facilmente rivelabile con le attuali tecnologie. Le onde gravitazionali emettono 10^{49} ergs, l'energia cinetica nell'esplosione è 10^{53} ergs, e l'energia trasportata dai neutrini è almeno un ordine di grandezza superiore, 10^{54} ergs. La benedizione e la maledizione dei GRB, dunque, è il loro rapido spegnimento (Figura 1). Essendo così luminosi, la vita sulla Terra non sarebbe possibile se durassero troppo a lungo e se non fossero eventi rari. Si stima che solo una supernova (SN) ogni mille può dare origine ad un GRB, e la perenne formazione di questi eventi, in una galassia normale è di uno ogni centomila anni. Allo stesso tempo, però, avendo una vita così breve, la loro comprensione è piuttosto complicata. Nondimeno, l'universo è molto grande e se si considerano le centinaia di miliardi di galassie esistenti, è stato stimato che sia possibile rivelare, con gli attuali telescopi gamma, alcuni eventi al giorno.

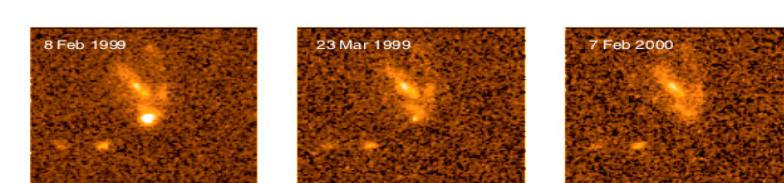


Figura 1: Da sinistra a destra: sequenza temporale del GRB 990123 prodotta dal telescopio Hubble (pubblicata dal gruppo dell'americano Andrew Fruchter nel 1999). Le tre immagini sono state scattate l'8 febbraio 1999, il 23 marzo 1999, e il 7 febbraio 2000, ovvero 16, 59 e 380 giorni dopo l'esplosione. Quando è stato scoperto GRB 990123 era di nona magnitudine, 24 ore più tardi era già diecimila volte più debole



LA PREISTORIA

L'obiettivo dei satelliti Vela era quello di controllare il cielo sopra la terra durante la guerra fredda e rivelare raggi gamma emessi da possibili esperimenti di armamenti nucleari. Sedici furono i GRB rilevati negli anni 1967-1972, ma le scoperte furono rese pubbliche solo diversi anni più tardi, sostanzialmente per mancanza di un reale interesse scientifico. In realtà, fu chiaro fin dall'inizio che l'Unione Sovietica, o altri paesi in possesso di testate atomiche, non erano responsabili dell'eccesso di raggi gamma. Ancora prima che si conoscesse qualcosa sull'esistenza di queste potenti esplosioni nello spazio infinito, nel 1968 il fisico americano Stirling A. Colgate (appartenente alla famiglia del famoso dentifricio) avvertì che le SNe in galassie lontane potevano emettere raggi gamma durante l'esplosione. La sua previsione si è rivelata incredibilmente vicina alla realtà, ma ci è voluto molto tempo per confermarla. Dopo aver scartato la possibilità militare e l'ipotesi ET, la scoperta fu resa pubblica all'intera comunità nel 1973, quando venne pubblicato il primo articolo scientifico, da parte del gruppo di ricercatori coordinati dall'americano Ray Klebesadel. Negli anni successivi, le pubblicazioni scientifiche si sono susseguite a ritmo incessante. Nel 1975 erano già state proposte un centinaio di teorie diverse per spiegare il fenomeno, il che dimostrava il livello di controversie che a lungo aveva caratterizzato questo tipo di indagine e il fatto che ogni teoria fosse difficile da dimostrare. Ci sono voluti altri 24 anni prima che venisse determinata per la prima volta la distanza di un GRB dalla Terra. Nel 1997, un gruppo di ricercatori, guidato dall'italiano Enrico Costa, grazie al satellite italo-olandese BeppoSAX e al William Herschel Telescope, ha misurato la prima emissione nei raggi X e nella banda ottica di un GRB. Fino ad allora, erano già apparse più di 2000 pubblicazioni, 140 sulla rivista *Nature* e tante ipotesi bizzarre, tutte inesorabilmente e sistematicamente sbagliate.

LA STORIA

Accenno alcune delle teorie proposte per spiegare le esplosioni gamma, per la curiosità storica e per apprezzare la fantasia degli scienziati. Venne ipotizzato che i GRB avevano origine dall'impatto di comete con stelle a neutroni, o grani

di polvere relativistici espulsi da pulsar, o collisioni di blocchi di antimateria con massa di 10^{15} grammi con stelle normali, oppure che fossero *goblins* nucleari (corpi di decine di metri di dimensione con densità nucleari contenute all'interno delle stelle), o la fusione di stelle di neutroni, o, infine, lo scarico di navicelle spaziali capaci di viaggiare a velocità superiori a quella della luce.

Alla fine degli anni '90, erano stati scoperti più di 500 GRBs. Nel 1992, le misure fatte dallo strumento *Burst and Transient Source Experiment (BATSE)*, a bordo del Compton Gamma-Ray Observatory della NASA, dimostrarono la loro distribuzione isotropa nella sfera celeste. Nel 1995, BATSE arrivò a rivelare 1100 sorgenti, e 2700 alla fine della sua missione, nell'anno 2000 (Figura 2). Prima della misura della prima distanza dalla Terra (redshift), che dimostrava che i GRB sono sorgenti distanti

Figura 2: Localizzazione nel cielo dei 2704 GRB rilevati dallo strumento BATSE, a bordo del Compton Gamma-ray Observatory

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts

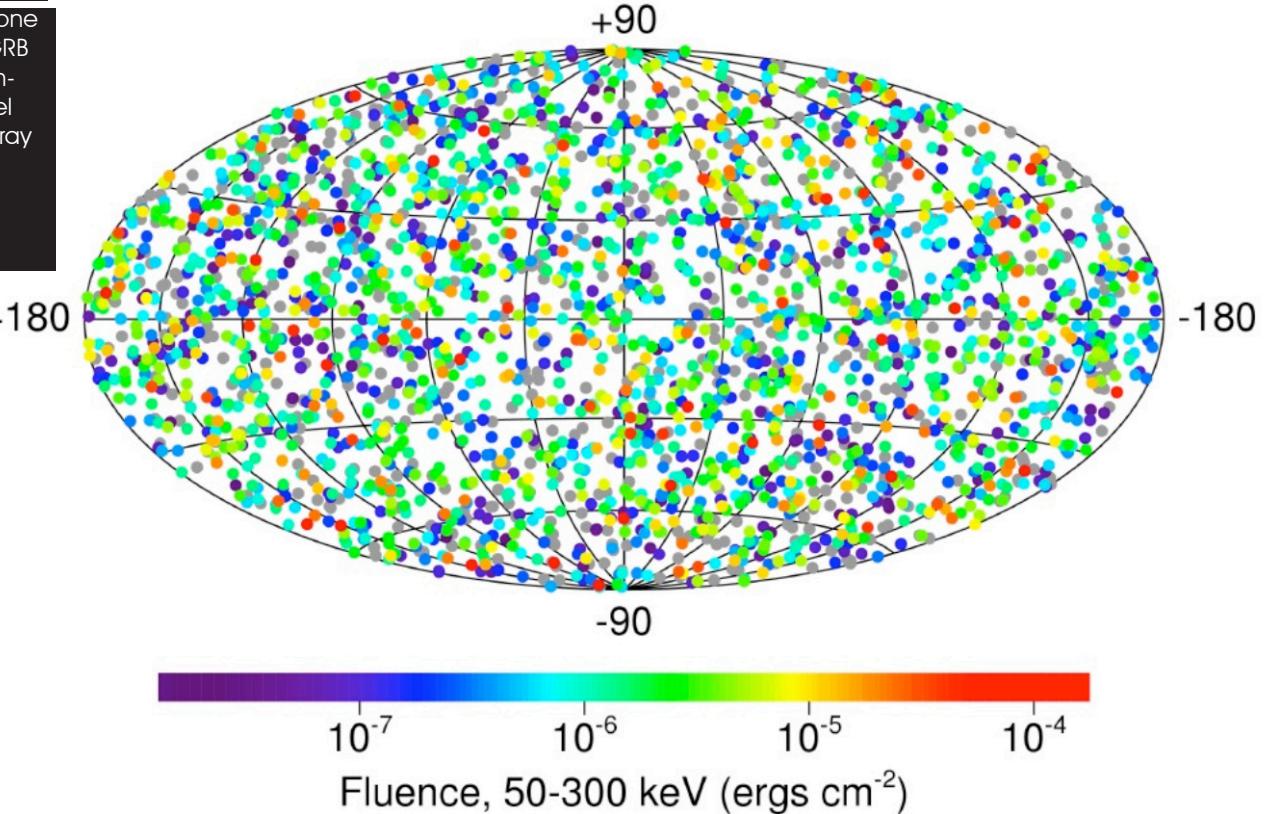
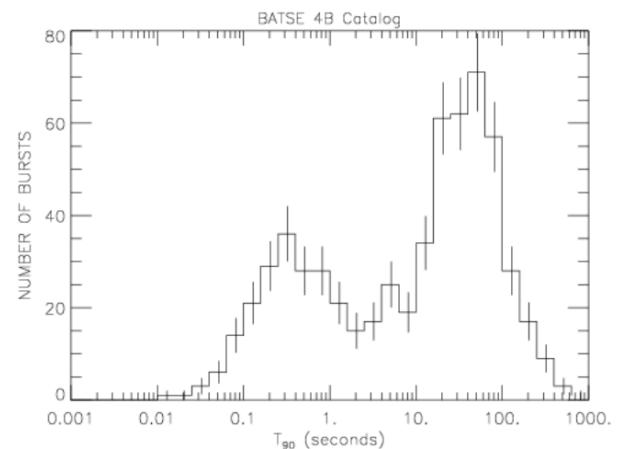


Figura 3: La durata dei GRB del catalogo 4B Gamma-Ray Bursts registrati con BATSE. La durata è rappresentata dal parametro T_{90} , che è il tempo durante il quale il GRB emette il 90% dei suoi conteggi totali



da una supernova. I GRB erano infinitamente più luminosi dei quasar, i corpi celesti più luminosi conosciuti a quel tempo. Paczynski proponeva inoltre che alcuni GRB potessero avere origine dalla fusione di due stelle a neutroni, oppure di una stella a neutroni con un buco nerostellare. Nel 1993, un gruppo americano guidato da Chryssa Kouveliotou identificò due classi di GRB: quelli brevi e quelli lunghi, con durata inferiore o superiore a pochi secondi (Figura 3).

e distribuiti cosmologicamente, la maggior parte delle teorie erano favorevoli all'idea che essi avvenissero all'interno della nostra Galassia, la Via Lattea. Lo scenario più popolare era quello delle stelle a neutroni vecchie con un forte campo magnetico, ipotesi avanzata dall'astrofisico sovietico E. P. Mazets. L'interpretazione cosmologica era avallata principalmente dalla distribuzione isotropa dei GRB in tutto il cielo (Figura 2).

LE TEORIE FONDAMENTALI

Nel 1975, gli astrofisici sovietici V. V. Usove e G. V. Chibisov furono i primi a sostenere l'idea cosmologica. Nel 1986 Bohdan Paczynski, dell'Università di Varsavia, propose che la maggior parte dei GRB fossero sorgenti molto distanti. L'energia di circa 10^{51} erg, emessa in meno di un secondo, non poteva che avere origine

Nel 1993, si registrò una svolta scientifica importante: S. E. Woosley, del Lick Observatory (California), propose il cosiddetto *Fireball Model* (il modello Palla di Fuoco), ancora oggi il più accreditato, secondo il quale un plasma relativistico di elettroni, positroni, fotoni e barioni viene espulso durante la fusione di stelle a neutroni o buchi neri, o dal collasso gravitazionale di stelle massicce in rapida rotazione. Nel 1995 venne organizzato un dibattito scientifico sull'argomento. L'occasione venne offerta dal 75° anniversario del "Grande Dibattito" che il Museo di Storia Naturale (Washington DC) celebrava ideando un nuovo

evento, durante il quale il tema principale era costituito dalla natura (Galattica o cosmologica) dei GRB. Il Grande Dibattito del 1920 aveva messo a confronto le idee di due grandi scienziati, Heber Curtis e Harlow Shapley, che ragionavano sulla natura delle nebulose a spirale scoperte dai grandi telescopi dell'epoca: sono all'interno o all'esterno della Via Lattea? Si dimostrò' alcuni anni dopo che si trattava di galassie esterne alla Via Lattea. Nel dibattito del 1995, Bohdan Paczynski difendeva l'ipotesi cosmologica dei GRB, mentre Donald Lamb (Chicago University) era il difensore dell'ipotesi Galattica. L'origine cosmologica avrebbe richiesto energie molto elevate emesse da corpi celesti di massa estremamente piccola, condizione quest'ultima necessaria perche' ci fosse un'alta variabilita' temporale. Tuttavia, se galattiche, le sorgenti avrebbero dovuto essere visibili con strumenti più sensibili in galassie vicine.

L'ERA MODERNA

Nel 1995, l'interpretazione cosmologica era quella più accreditata. Come già riportato, il 1997 fu l'anno della scoperta fondamentale: i telescopi spaziali BeppoSAX e il William Herschel Telescope rivelarono la controparte X e ottica di GRB 970228. L'anno seguente, Titus Galama e i suoi collaboratori confermarono l'esistenza di una supernova nella stessa posizione del vicino GRB 980425. Non vi era più alcun dubbio: i GRB lunghi erano esplosioni stellari, ovvero supernovae. Da quel momento sono stati scoperti altri 6 GRB che mostrano, alcuni giorni o settimane dopo il rivelamento della emissione gamma, lo spettro tipico di una supernova. La scoperta dell'associazione SN-GRB ha richiesto tempo perché i GRB sono distribuiti cosmologicamente, spesso a grandi distanze da noi, per cui le SNe risultano essere, per la maggior parte dei casi, troppo deboli per essere viste dai telescopi.

LE SPECULAZIONI

E' stato chiaro sin dall'inizio che la radiazione di un GRB non poteva essere emessa in modo omogeneo in tutte le direzioni (emissione isotropa). Se l'energia rivelata da Terra fosse isotropa e omogenea, cio' implicherebbe un'energia totale talmente alta, che l'unico processo noto in grado di spiegarla sarebbe l'annichilazione di materia e antimateria. L'energia corrisponderebbe alla massa a riposo delle stelle. Tali eventi non sono fisicamente giustificabili e la loro esistenza non era mai stata provata prima di quel momento. L'unica via di uscita era l'ipotesi che l'emissione della radiazione fosse altamente collimata lungo un asse (jet), corrispondente all'asse di rotazione della stella che esplode (Figura 4). Questo ridurrebbe di alcuni ordini di grandezza la misura della radiazione totale emessa.

Woosley, nella sua teoria del 1993, fu il primo a proporre che la radiazione fosse collimata, cosa possibile se la stella è in rapida rotazione. Il momento angolare può essere molto elevato solo se la stella non perde grandi quantità di materia durante la rotazione (conservazione del momento angolare). Un corollario di tale teoria è che i GRB, almeno quelli lunghi, siano associati a SNe di tipo II, cioè le cosiddette Core Collapse Supernovae, caratterizzate da spettri con righe di assorbimento dell'idrogeno e dell'elio, i due elementi più abbondanti dell'universo. In poche parole, le stelle da cui hanno origine i GRB devono avere un contenuto molto basso di elementi pesanti, in astrofisica chiamati semplicemente metalli. Que-

sto perche' i metalli rendono molto inefficiente la pressione generata dalla potente radiazione emessa dal core della stella, cosa che provocherebbe una grande perdita di massa. Se la pressione della radiazione è troppo alta, la dispersione dell'in-

volucro esterno della stella nello spazio interstellare causa una grande perdita di momento angolare, e cioè l'emissione non è più collimata.

Questo scenario è molto plausibile, ma ha solo un grosso difetto: le 6 SNe finora individuate in corrispondenza della posizione di altrettanti GRB sono di tipo Ic. Le SNe di tipo Ic sono caratterizzate da spettri senza l'imprint né dell'idrogeno né dell'elio. Ciò significa che il progenitore ha perso il suo involucro di idrogeno ed elio prima dell'esplosione. In questi casi, il progenitore del GRB è una stella Wolf-Rayet, cioè una stella massiccia con forte momento angolare e forti venti stellari. Tipicamente, la massa totale dispersa dalle stelle Wolf-Rayet è alcune decine di volte superiore alla massa del nostro Sole.

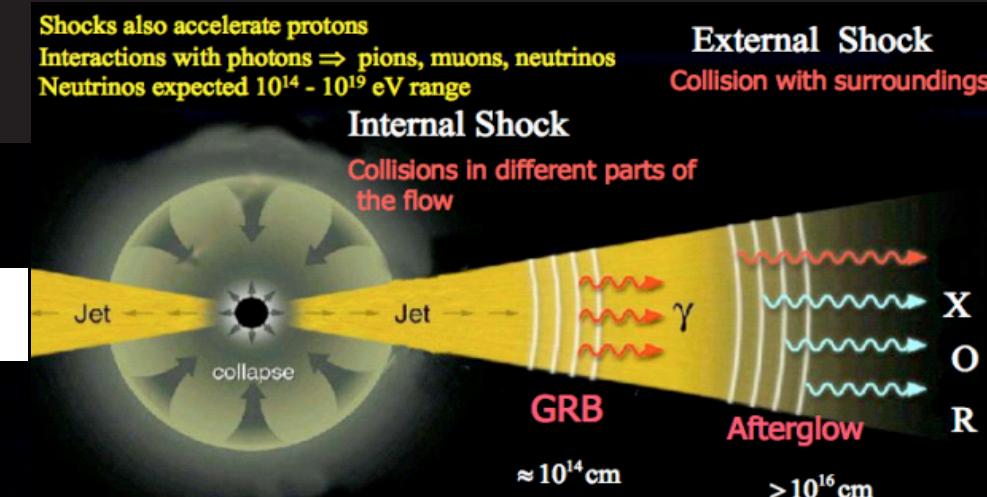


Figura 4: Rappresentazione schematica del fenomeno GRB





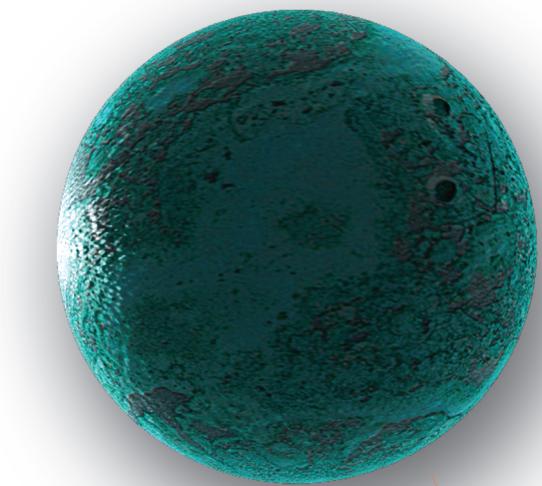
Il garden di Cosenza
CORETTO

ARREDO - OGGETTISTICA - GARDEN

Coretto Garden Center 87046 Montalto Uffugo (CS) Contrada Coretto tel: 0984 937562 mail: gardencoretto@gmail.com

ATTRATTI DALLA TERZA DIMENSIONE

3D
PRODUZIONI VIDEO-CINEMATOGRAFICHE
3D STEREOSCOPICHE



ROMA-COSENZA

DIGIFILM - DALL'IDEAZIONE ALLO SCHERMO

digifilm.italy@gmx.com

IL LEGAME GRB-SN

Nelle comuni SNe, la maggior parte dell'energia viene emessa dal materiale non-relativistico eiettato in maniera piu' o meno isotropa nei mesi successivi all'esplosione. Nei GRB, l'energia emessa durante la fase "supernova" è preceduta da un getto relativistico di materia e radiazione la durata di circa un minuto. Ad oggi, un modello del tutto soddisfacente che descriva la connessione tra il fenomeno GRB e quello supernova non è stato ancora formulato. In altre parole, non esiste una teoria adeguata su come le stelle piu' massicce muoiono. Una scoperta importante (presentata in un articolo di un team guidato dello scienziato danese Johan Fynbo nel 2006) è l'identificazione di due GRB lunghi, talmente vicini alla nostra galassia che sarebbe dovuto essere possibile osservare una supernova pochi giorni dopo l'esplosione gamma. Insiegnabilmente, in questi due casi, la SN non è mai stata trovata.

La morte di una stella massiccia avviene attraverso il collasso gravitazionale del nucleo, seguito dalla espulsione esplosiva del resto della stella. Tale fenomeno e' noto con il nome di *Core Collapse SUPERNOVA*, per distinguerlo dagli altri tipi di esplosioni stellari. Il prodotto finale dell'esplosione e' un buco nero. Secondo un modello alternativo, cio' che rimane è una *magnetar*, cioè una stella di neutroni con un campo magnetico molto potente e un periodo di rotazione di un millisecondo (un giro intorno a se stessa in un millesimo di secondo), una

massa equivalente alla massa del sole, concentrata in una sfera di pochi chilometri di diametro. Una magnetar è anche il prodotto finale dei GRB brevi, che hanno origine dalla fusione di due stelle a neutroni, o di una stella a neutroni e un buco nero.

L'energia emessa in pochi secondi durante l'evento catastrofico e' principalmente prodotta da una grande quantita' di neutrini, provenienti dalla palla di fuoco in espansione relativistica che dissipa la radiazione in raggi gamma. La radiazione e la materia eiettata interagiscono con il mezzo gassoso che circonda la stella, dando luogo al cosiddetto *afterglow*, ovvero il bagliore residuo post esplosione. L'afterglow emette fotoni con energie diverse, da quelle radio, ai raggi gamma, passando, ovviamente, dall'ottico (Figura 4).

L'ERA SWIFT

Motivata dalle recenti scoperte, la NASA ha costruito e mandato in orbita nel 2004 *Swift*, un nuovo satellite dedicato all'identificazione dei GRB, finanziato anche dalle agenzie spaziali italiane e britannica. Tre sono gli strumenti a bordo (Figura 5). BAT è lo strumento per l'individuazione e la localizzazione a bassa risoluzione spaziale (3 minuti d'arco) dell'emissione gamma, possibile in un intervallo di tempo di pochi secondi. (Per avere un punto di riferimento, la Luna ha un diametro apparente di 30 minuti d'arco.) Dopo il rapido puntamento del telescopio (in

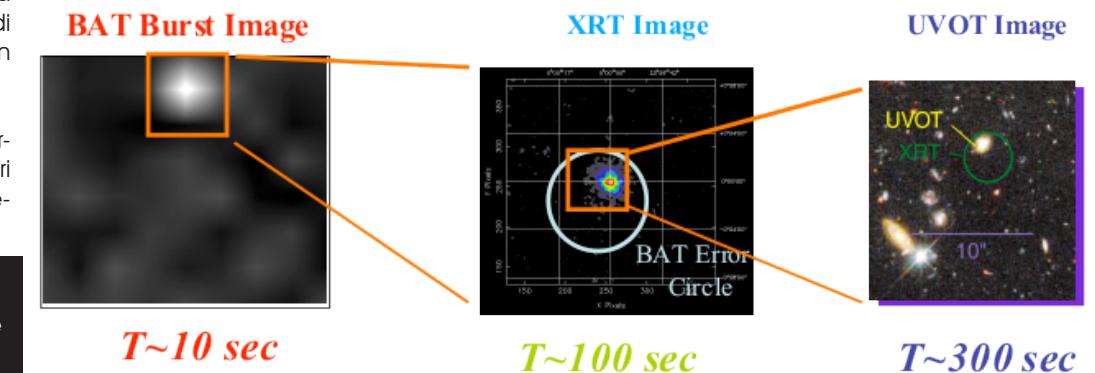
meno di 100 secondi), viene attivato XRT per la localizzazione della sorgente X con una precisione di 3 secondi d'arco. Infine UVOT è lo strumento ottico/UV che riesce a perfezionare la misura della posizione fino a un secondo d'arco. La trasmissione a Terra dell'informazione avviene tipicamente in un intervallo temporale di 300 sec.

Grazie alla sua efficienza e rapidita', *Swift* è in grado di localizzare con precisione più di 100 GRB all'anno. Le osservazioni da Terra ci permettono di misurarne la distanza per circa un quarto di questi eventi. *Swift* è stato finanziato fino al 2014. In meno di 2 anni è stato possibile grazie a *Swift* raddoppiare il numero di GRB con distanza nota, per un totale ad oggi di 230 eventi.

Tra i risultati di maggiore importanza, autentiche pietre miliari nella conoscenza di questi fe-

Figura 5: Rappresentazione schematica del tipo di osservazioni fatte da *Swift*, il satellite NASA dedicato alla scoperta dei GRB

nomeni, raggiunte da *Swift*, ricordiamo la localizzazione precisa del primo afterglow di un GRB breve, e la prima misura della distanza. *Swift* ha osservato per la prima volta in dettaglio il momento di transizione tra l'esplosione e l'afterglow. *Swift* ha anche scoperto i corpi celesti più distanti mai osservati, a redshift $z > 6$ (il redshift e' piu' alto per distanze piu' grandi). La distanza media dei GRB identificati da *Swift* è due volte maggiore della distanza media in epoca pre-*Swift*. Tutto questo e' stato possibile grazie ai rapidi tempi di reazione del satellite.



LE SCOPERTE PIU' RECENTI

Nel marzo 2008, *Swift* identifica un evento straordinario, l'oggetto celeste più luminoso (nella banda ottica) mai documentato nella storia dell'umanità. È il GRB 080319B (Figura 6), ad una distanza relativamente grande, redshift $z = 0.937$, avvenuto quando l'universo aveva un'età di 6.2 miliardi di anni (45% della sua età attuale). La curva di luce, pubblicata nel 2009 dal gruppo di Josh Bloom (University of California, Berkeley), ha avuto un picco di magnitudine $m = 5.6$. Ciò significa che l'evento è stato visibile ad occhio nudo, sebbene per un tempo brevissimo di poche decine di secondi. Nel settembre dello stesso anno, un altro evento straordinario: appare subito chiaro che GRB 080913 si trova ad una distanza molto grande da noi. Io sono tra gli scienziati fortunati che hanno avuto il piacere di analizzare il suo spettro, ottenuto al *Very Large Telescope (VLT)*, il telescopio europeo ottico più grande al mondo, che si trova nel deserto di Atacama, in Cile. Il redshift misurato è $z = 6.695$, l'evento è avvenuto quando l'universo aveva un'età di appena 820 milioni di anni (6% dell'età attuale). Al momento della scoperta, GRB 080913 era il secondo corpo celeste più distante mai scoperto. Questo non è tutto. Pochi mesi dopo, nell'aprile 2009, *Swift* individua un'altra esplosione importante, osservata quasi in contemporanea dal *VLT*, con lo strumento

ottico-infrarosso GROND (costruito dal gruppo di Jochen Greiner, dell'Istituto Max-Planck per la Fisica Extraterrestre) e l'italianissimo Telescopio Nazionale Galileo. Tutti hanno misurato e confermato all'incirca lo stesso redshift: $z = 8.3$, età dell'universo all'epoca dell'esplosione: 620 milioni di anni. I risultati delle collaborazioni, guidate da Niel Tanvir e Ruben Salvaterra, sono stati pubblicati su *Nature*.

La sequenza di scoperte straordinarie non è ancora finita. Nei mesi successivi, due eventi molto interessanti vengono riportati dalla nuova missione gamma della NASA, il telescopio *Fermi*, così chiamato in onore del fisico italiano Enrico *Fermi*. Lanciato nel giugno 2008, *Fermi* è finanziato, oltre che dalla NASA, da alcune agenzie spaziali europee, con un contributo dell'agenzia spaziale giapponese. A differenza di *Swift*, *Fermi* non è un telescopio gamma dedicato ai GRB. È sensibile a fotoni a energie più alte, dagli 8 keV fino ai 300 GeV (da 1.3×10^{-15} joule a 4.8×10^{-8} joule).

La mancanza di strumenti X e ottico a bordo non lo rende adatto al rivelamento rapido e alla localizzazione dei GRB. Tuttavia, *Fermi* ne scopre regolarmente diversi all'anno. Tra questi, nel maggio 2009, il GRB 090510. Grazie al rivelamento di fotoni energetici, il team di *Fermi*

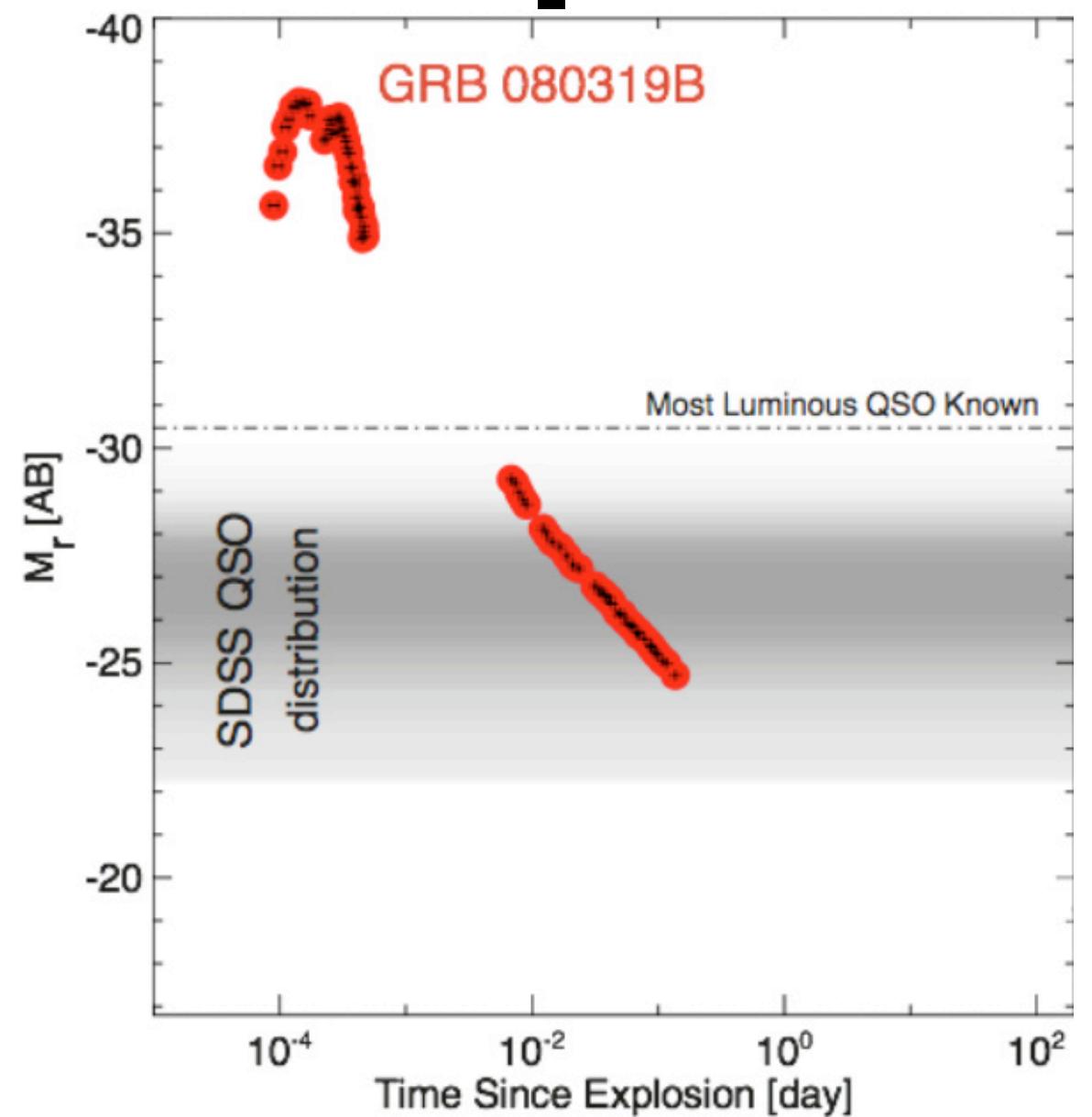
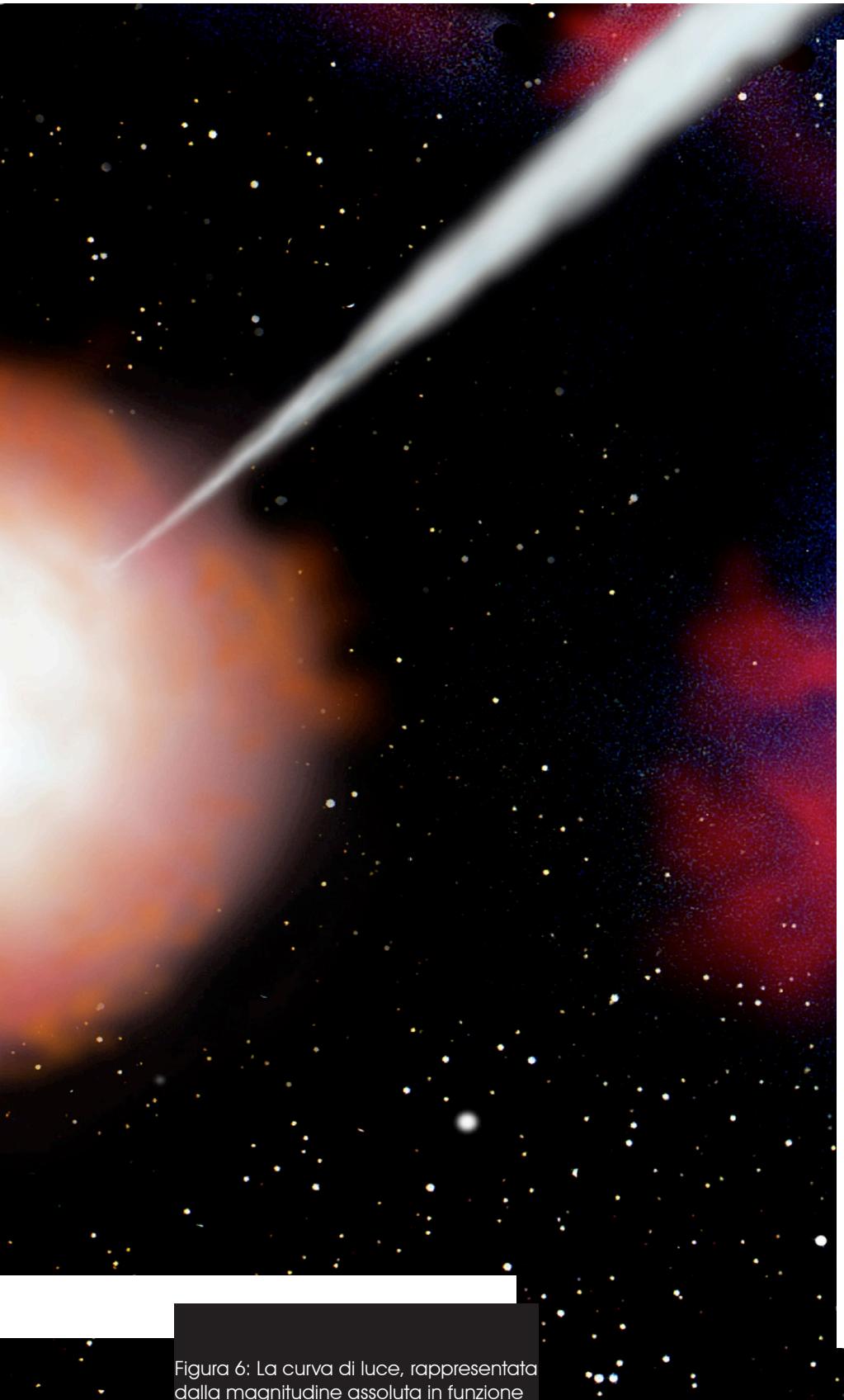


Figura 6: La curva di luce, rappresentata dalla magnitudine assoluta in funzione del tempo, di GRB 080319B (J. Bloom e collaboratori, 2009). Per confronto, la magnitudine assoluta tipica dei quasar (ovvero Quasi Stellar Object - QSO)



è stato in grado di testare la cosiddetta *invarianza di Lorentz*. Tale invarianza, formulata nella teoria della relatività speciale di Einstein, afferma che i fotoni hanno la stessa velocità, indipendentemente dalla loro energia. Secondo alcune teorie di gravità quantistica, cioè le teorie che descrivono contemporaneamente il mondo dell'infinitamente veloce e quello dell'infinitamente piccolo, l'invarianza di Lorentz non è più valida al di sotto della scala di Planck, quando gli effetti quantistici della gravità diventano importanti e la natura quantistica dello spazio-tempo altera la velocità dei fotoni con energie diverse. La scala di Planck corrisponde ad un'energia di 1.22×10^{19} GeV, pari alla massa di Planck, cioè 2.17×10^{-8} kg. I risultati ottenuti da *Fermi* hanno dimostrato che un fotone con energia di 31 GeV, emesso meno di un secondo dopo l'esplosione di GRB 090510, non ha mostrato alcuna variazione di velocità, neppure minima, fatto che mette in discussione una serie di teorie quantistiche della gravità.

L'ultimo risultato interessante della collaborazione *Fermi* è il fotone più energetico mai misurato per un GRB, 33.4 GeV. Il fotone proviene da un evento molto lontano, GRB 090902B a redshift $z = 1.822$. Considerato che, come descritto dalla teoria del Big Bang, lo spazio è in continua espansione, il fotone aveva un'energia quasi 3 volte superiore al momento dello scoppio, energia persa durante il viaggio verso la terra.

ANCORA SCIENZA CON I GRB

Se uno pensa che così tante interessanti scoperte siano state possibili in un brevissimo lasso di tempo, si convince che il campo di applicazione possibile con i GRB è ancora potenzialmente in gran parte inesplorato. Molissimi sono gli argomenti astrofisici di interesse generale che si possono investigare con i GRB. Ne menziona alcuni. Con i GRB si può capire meglio come funziona la formazione delle stelle in condizioni estreme, qual è il destino delle stelle più grandi, oppure la fisica dei buchi neri, o la storia della formazione stellare nell'Universo, o la formazione e l'evoluzione delle galassie, o come sono fatte le prime stelle formatesi all'alba dell'Universo, e così via. Per ultimo, ma non in ordine di importanza, ricordo un argomento a me caro e che mi coinvolge direttamente nella mia vita di scienziato: l'esplorazione dell'evoluzione chimica dell'universo, dalla sua nascita a oggi.

In poche parole, con i GRB si può scrutare quasi tutto quello che riguarda l'universo. Questo è il motivo principale per cui, qualche tempo fa, ho un po' trascurato la mia vecchia passione, cioè lo studio del mezzo gassoso che si trova tra le galassie, e ho iniziato a esplorare i GRB. Sono passati nove anni e, vi assicuro, non mi sono ancora annoiata.

approfondimenti

Nasa

La National Aeronautics and Space Administration (in italiano Amministrazione Nazionale dell'Aeronautica e dello Spazio), in sigla NASA, è l'agenzia governativa civile responsabile per il programma spaziale degli Stati Uniti d'America e per la ricerca aerospaziale civile e militare.

Dopo l'iniziale attenzione all'esplorazione della Luna, negli ultimi anni l'attività della NASA si è incentrata sull'esplorazione di Marte. A tal scopo sono state lanciate molte missioni verso il pianeta rosso, l'ultima delle quali in ordine di tempo è la Mars Reconnaissance Orbiter. Parallelamente la NASA si è occupata anche di migliorare le misure di sicurezza dello Shuttle dopo il disastro dello Space Shuttle Columbia per poter completare al più presto la costruzione della Stazione Spaziale Internazionale (ISS).

Istituto Max Planck

E' un'organizzazione di ricerca indipendente e senza scopo di lucro della Germania. Spesso viene indicato utilizzando l'acronimo MPG, dal tedesco "Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften", in italiano Società Max Planck per l'Avanzamento delle Scienze.

La società ha assunto fama mondiale nel campo della ricerca scientifica e tecnologica. La sua organizzazione consiste di oltre 100 tra strutture e scuole di ricerca, ampiamente diffuse nel territorio tedesco e in qualche caso presenti anche in altre nazioni europee, tra cui l'Italia. L'attività di ricerca spazia dalle scienze naturali alle scienze sociali e umanistiche. In relazione al lavoro svolto, ogni singolo istituto assume una denominazione specifica: ad esempio, il Max-Planck-Institut für Mathematik di Bonn si occupa di ricerca matematica. In Italia sono presenti la Biblioteca Hertziana - Istituto Max Planck per la storia dell'arte a Roma e l'Istituto di Storia dell'Arte - Kunsthistorisches Institut a Firenze.

Gli istituti Max Planck, pur collaborando strettamente con le università, lavorano autonomamente e tendono a focalizzarsi sulla ricerca innovativa che a causa del proprio carattere interdisciplinare o della necessità di particolari risorse non può essere affrontata dalle università statali. Sono stati molti gli scienziati MPG divenuti premi Nobel.

L'organizzazione interna degli istituti Max Planck è strutturata in dipartimenti di ricerca con a capo direttori diversi, similmente alla situazione di un professore ordinario, direttore di diparti-

mento all'università. La Società Max Planck è, dal punto di vista legale, un'organizzazione simile a una associazione; ogni direttore, in qualità di membro scientifico, ha eguale diritto di voto. I fondi economici derivano principalmente dalle istituzioni federali e statali, ma anche da compensi legati a ricerche e licenze oltre che da donazioni.

La società Max Planck fu fondata a Gottinga da Otto Hahn nel 1948 succedendo alla Società Kaiser Wilhelm fondata nel 1911. È stata così denominata in onore dello scienziato Max Planck, morto un anno prima. Il logo ufficiale della Società riporta l'effigie di Minerva, dea romana della saggezza. Includendo anche il suo diretto predecessore, la società Max Planck vanta più premi Nobel di qualsiasi altra istituzione mondiale.

Ha sempre attratto gli scienziati da tutto il mondo, attribuendo gli incarichi direttivi indipendentemente dalle nazionalità. Ad esempio dal 1985 al 2002 direttore del Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung di Colonia, Dipartimento di Miglioramento Genetico e Fisiologia delle Piante, è stato l'italiano Francesco Salamini.

Negli Istituti lavorano approssimativamente 12.300 impiegati permanenti, inclusi 4.200 scienziati più circa 9.000 scienziati temporanei e altri ospiti.

Nature

Nature è una delle più antiche ed importanti riviste scientifiche esistenti, forse in assoluto quella considerata di maggior prestigio nell'ambito della comunità scientifica internazionale (insieme a *Science*). Viene pubblicata, infatti, fin dal 4 novembre 1869.

Nonostante la maggior parte delle riviste del campo siano oggi altamente specializzate, *Nature* è una delle poche pubblicazioni, insieme ad altri mensili quali *Science* e *Proceedings of the National Academy of Sciences*, che propone ancora articoli originali su svariati campi scientifici.

Molti sono gli avanzamenti e le scoperte, provenienti da più vari campi della ricerca scientifica, che sono stati pubblicati su *Nature*, come articoli o lettere: ad esempio, la scoperta dei raggi X, la natura ondulatoria delle particelle, la scoperta dei neutroni, le scoperte sulla fissione nucleare, la struttura a doppia elica del DNA, la prima struttura molecolare di una proteina (la mioglobina), la tettonica a zolle, il buco dell'ozono, la prima clonazione di un mammifero (la pecora Dolly), il sequenziamento del genoma umano.

Museo di Storia naturale di Washington

Il National Museum of Natural History fondato nel 1910, è un museo di storia naturale.

Amministrato dalla Smithsonian Institution, è situato nel Mall di Washington, DC. Il museo è la seconda istituzione più popolare dello Smithsonian. Oltre alle importanti collezioni aperte al pubblico, è anche un prestigioso centro di ricerca dove lavorano 185 scienziati.

La sua collezione conta 125 milioni di esemplari, sia animali che vegetali, così come fossili, minerali, rocce, meteore e oggetti etnologici. Le stanze espositive sono tutte divise per temi.

Enrico Fermi

Enrico Fermi (Roma, 29 settembre 1901 – Chicago, 28 novembre 1954) è stato un fisico italiano, tra i più noti al mondo, principalmente per i suoi studi e contributi teorici e sperimentali nell'ambito della meccanica quantistica e più in generale in quella sottobranca della fisica atomica che è la fisica nucleare.

I suoi studi e le sperimentazioni sul nucleare lo portarono ad una morte prematura, per cancro allo stomaco, all'età di soli 53 anni. Celebri sono tuttavia la sua teoria del decadimento β , la statistica quantistica di Fermi-Dirac, i risultati concernenti le interazioni nucleari.

In suo onore venne dato il nome ad un elemento della tavola periodica, il Fermio (simbolo Fm). Il sottomultiplo del metro pari a 10^{-15} m (femtometro), che ha simbolo fm, in fisica atomica e nucleare viene comunemente chiamato fermi.

Enrico Fermi progettò e guidò la costruzione del primo reattore nucleare a fissione, che produsse la prima reazione nucleare a catena controllata. Fu uno dei direttori tecnici del Progetto Manhattan, che portò alla realizzazione della bomba atomica nei laboratori di Los Alamos.

È stato inoltre il primo ad interessarsi alle potenzialità delle simulazioni numeriche in ambito scientifico, nonché l'iniziatore di una fecondissima scuola di fisici, sia in Italia, sia negli Stati Uniti d'America.

L'attività di Fermi si è manifestata in molti campi della fisica, ed egli è universalmente riconosciuto come uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi. Nel 1938 ricevette il Premio Nobel per la fisica, per la identificazione di nuovi elementi della radioattività e la scoperta delle reazioni nucleari mediante neutroni lenti.